



**Manuel António
Frade Marques
Castelhano**

**Projeto de um Sistema de Compactação da Apara
de Maquinagem**



**Manuel António
Frade Marques
Castelhano**

**Projeto de um Sistema de Compactação da Apara
de Maquinagem**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Doutor João Paulo Davim da Silva, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Apoio por parte do Centro de Tecnologia Mecânica e Automação (TEMA), através dos projetos UID/EMS/00481/2013-FCT e CENTRO-01-0145-FEDER-022083.

Dedico este trabalho aos meus pais, Manuel Castelhana e Margarida Frade, pelo incansável esforço e apoio demonstrado para que eu pudesse acabar o curso.

o júri

presidente

Prof. Doutor Francisco José Malheiro Queirós de Melo
Professor Associado da Universidade de Aveiro

arguente principal

Prof. Doutor Hernâni Miguel Reis Lopes
Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

orientador

Prof. Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao Professor Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva pela disponibilidade e apoio prestado ao longo deste trabalho.

Agradeço de uma forma especial a toda a minha família, louvando pais e irmãos, pelo apoio dado ao longo destes anos para que eu pudesse acabar esta fase da minha vida.

Um grande agradecimento a todos os meus amigos, que de uma forma direta ou indireta contribuíram com esclarecimento e motivação. A todos eles, um muito obrigado.

palavras-chave

Reciclagem, Aparas, Compactador, Maquinagem

resumo

As operações de maquinagem por arranque de apara produzem um grande fluxo de resíduos. De entre estes encontra-se a apara, que pode apresentar-se de vários tipos e detêm valor comercial. Como tal, é de bastante interesse para a indústria proceder a este processo de reciclagem, rentabilizando os lucros e minimizando os problemas ambientais.

Como tal, o presente projeto visa o desenvolvimento de um compactador de aparas mecânico. Uma máquina desenvolvida com o objetivo de compactar aparas soltas em blocos de apara.

De modo a obter a força necessária para o processo de compactação foi aplicada no projeto um parafuso de transmissão de potência. O diâmetro do parafuso foi dimensionado para 30 mm, assim uma força de 350N aplicada no braço da máquina corresponde a uma carga de compactação de aproximadamente 80 kN. Como é possível verificar no capítulo dimensionamento.

Para obter um movimento descendente e não descendente rotacional, como é o caso do parafuso-potência foi aplicado um acoplamento mecânico o qual é constituído por uma caixa que permite o encaixe de uma esfera no seu interior. Deste modo, consegue-se o movimento descendente do pistão.

keywords

Recycling, Metallic chips, Compactor, Machining.

abstract

The operations of machining metals by chip removal produce large amounts of solid and non-solid waste. The solid waste (Metal chips) can present itself in different forms and they have commercial value. So the recycling of this waste is very important for the industry at the present time, maximizing profits and reducing environmental problems.

Therefore, the present project aims at the development of a mechanical chip compactor. This machine was developed with the aim of compacting loose chips into blocks of machining chips.

In order to obtain the necessary force for the compacting process a power transmission screw was applied in the design. The diameter of the screw has been dimensioned to 30 mm. Thus, a force of 350 N applied to the machine arm corresponds to a compaction force of approximately 80 kN. As you can see in the dimensioning chapter.

In order to obtain a descending and non-rotational movement, a mechanical system was applied which consists of a box that allows the coupling of a sphere in its interior. In this way, a downward movement of the piston is achieved.

Índice

I.	Lista de Figuras	iii
II.	Lista de tabelas	v
III	Nomenclatura.....	vii
1.	Introdução.....	1
2.	Apara	5
2.1	Apara	5
2.2	Corte ortogonal	6
2.3	Corte tridimensional	6
2.4	Tipo/Forma de Apara	8
2.4.1	Forma da Apara	8
2.4.2	Tipos de Apara.....	10
2.5	Reciclagem de Apara	12
2.6	Aspetos económicos da reciclagem de aparas	13
2.7	Compactadores de Apara.....	14
2.8	Síntese	17
3.	Projeto.....	19
3.1	Descrição da máquina	20
4.	Modelo computacional de esforços no chassis da máquina.	23
5.	Cálculo tensões de cedência nas soldaduras.....	27
5.1	Cálculos tensões de cedência.....	29
6.	Dimensionamento do parafuso de transmissão de potência	31
6.1.	Cálculos do dimensionamento do parafuso transmissão de potência.	35
7.	Conclusão	39
7.1	Propostas de trabalhos futuros.....	41
	Referências	43
	Anexos.....	45

I. Lista de Figuras

figura 1 - Compactador vista geral	3
figura 2 – Formação de Apra (Shaw M.C., et al., (2005))	5
figura 3 - Modelos de Corte a) Corte Ortogonal b) Corte Tridimensional (Dieter G., et. al., 1981,).....	7
figura 4 - Representação das formas da apra, norma ISO 3685 (1993).....	9
figura 5 - Representação dos tipos de apra em função da profundidade de corte (ap) e velocidade de avanço (fn) (Sandvik).	10
figura 6 - apra contínua regular.....	10
figura 7 - apra continua irregular	11
figura 8 - apra descontínua.....	11
figura 9 - apra serrilhada.....	12
figura 10 - Processo de compactação (Samuel M.et al, (2003),).....	15
figura 11 - Perspetiva Explodida	19
figura 12 - Pormenor do acoplamento do fuso roscado ao pistão.	20
figura 13 - Parafuso-potência	21
figura 14 - Conjunto corte chassis.	22
figura 15 - Esforços no chassis Tensão de Von Mises	23
figura 16 - Deslocamentos.....	24
figura 17 - Zona de stress	25
figura 18 - Esquema auxiliar para o calculo das tensões de soldadura.....	27
figura 19 - Imagem representativa das Forças.....	31
figura 20 - Dentado Helicoidal (Morais A. Et al.,(1999)).	32

II. Lista de tabelas

Tabela 1 - Especificações técnicas de vários modelos de compactadores de apara (Catálogo “ <i>Conemag</i> ”).....	16
Tabela 2 – Tabela de referencias para o calculo do dentado do fuso (Morais A. Et al.,(1999)).	34
Tabela 3 – Resultados para fuso com Diâmetro de 10mm e Altura da porca de 60mm.	35
Tabela 4 - Resultados para fuso com Diâmetro de 20mm e Altura da porca de 60mm.	36
Tabela 5 - Resultados para fuso com Diâmetro de 30mm e Altura da porca de 60mm .	37

III Nomenclatura

XG	Centro de massa de aplicação da força no canto
F_XG1	Força aplicada na soldadura lado esquerdo
F_XG2	Força aplicada na soldadura lado direito
σ_{normal}	Tensão normal
τ_{corte}	Tensão de corte
H_porca (mm)	Altura porca roscada
L_(braço) (m)	Comprimento do braço
F_aplicada (N)	Força exercida pelo operador na máquina
F_axial (N)	Força exercida pelo fuso nas aparas
μ _(Coeficiente de atrito)	Coeficiente de atrito do dentado
p (mm)	Passo da rosca
D (mm)	Diâmetro do fuso
h_linha	Altura do dente roscado
N_filetes ativos	Número de fios de rosca ativos
$\sigma_{\text{(nominal)}}$ (MPa)	Tensão nominal
$\delta_{\text{(contacto)}}$ (MPa)	Deformação contacto
$\sigma_{\text{(contacto)}}$ (MPa)	Tensão contacto

1. Introdução

A necessidade de obter determinadas peças, com geometrias diversas e para diversos fins, tem-se verificado cada vez mais necessárias. Para fazer face ao desenvolvimento tecnológico, a quantidade de peças a produzir por maquinagem tem sido cada vez maior.

As operações de maquinagem de metais por arranque de aparta produzem um grande fluxo de resíduos sólidos e outros. Estes resíduos sólidos correspondem às aparas geradas durante a operação de maquinagem, enquanto os restantes resíduos correspondem ao fluido de corte absorvido durante a operação.

Face ao desenvolvimento tecnológico, o aumento de velocidade de corte e de outros parâmetros com a finalidade de aumentar a taxa de produção. Resultando assim num grande aumento na quantidade de aparta resultante e também altera a quantidade de fluido de corte necessário durante uma operação de maquinagem esta tem atingindo valores cada vez mais elevados. Como tal, é imperativo retirar a maior quantidade de fluido de corte possível presente nas aparas, para que este possa também ser reciclado. Uma vez que este fluido em geral não biodegradável, representa vários problemas de natureza diferente: aspetos económicos, ambientais e de qualidade. A quantidade de fluido de corte influencia significativamente a qualidade da matéria final reciclada a ser obtida.

Deste modo, torna-se necessário fazer a reciclagem de aparta de um modo mais eficiente e rentável ao invés de se tornar sucata. Minimizando os problemas ambientais que enfrentam as indústrias de fundição e rentabilizando o valor do metal. Na medida em que é possível obter uma qualidade superior na matéria final a obter.

A reciclagem de aparta por parte das indústrias requer que estes possuam um espaço destinado para armazenar as aparas. A densidade das aparas é muito baixa o que

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

representa um grande volume ocupado, uma vez que, certas indústrias chegam a produzir várias toneladas de apara por dia.

Daí a necessidade por parte das indústrias em compactar as aparas soltas em blocos de apara. Atualmente, existem vários modelos de compactadores de apara disponíveis no mercado, máquinas automatizadas e de grandes dimensões, desenvolvidas com essa função.

Como tal, o presente trabalho visa o desenvolvimento de um projeto de compactador de aparas mecânico. Uma máquina capaz de compactar aparas soltas em blocos de apara, a partir do trabalho desenvolvido pelo operador, sem recurso a maquinaria automatizada. Para que assim possam ser armazenadas e rentabilizadas ao invés de serem desperdiçadas.

O objetivo deste projeto é desenvolver um compactador de aparas metálicas alumínio, cobre e latão. Este deverá ser de fácil fabrico com baixo custo. Tem de operar sem a utilização de energia elétrica, pneumática ou hidráulica, estas hipóteses são rejeitadas desde a formulação da ideia visto que acarretam custos elevados e necessitam de uma fonte energética exterior que não é fornecida pelo operador.

O compactador projetado pode ser descrito pela enumeração dos seus componentes. Componentes estes que podem ser divididos em três grupos, o primeiro onde se podem encontrar os componentes que conferem suporte ao mecanismo, o segundo de que fazem parte todo o mecanismo funcional da máquina que transforma a força aplicada pelo operador em movimento de compactação e por último todos os componentes que entram diretamente em contacto com a apara.

Assim a máquina funciona com base numa câmara e um punção, na câmara são colocadas as aparas que são comprimidas pelo punção. Este é acionado por um fuso que transforma o movimento angular fornecido pelo operador num movimento descendente, que provoca a compactação. Todos estes componentes são suportados por um chassis.

Estas características estão visíveis na figura 1, onde se pode ver a estruturação dos componentes e vista funcional.

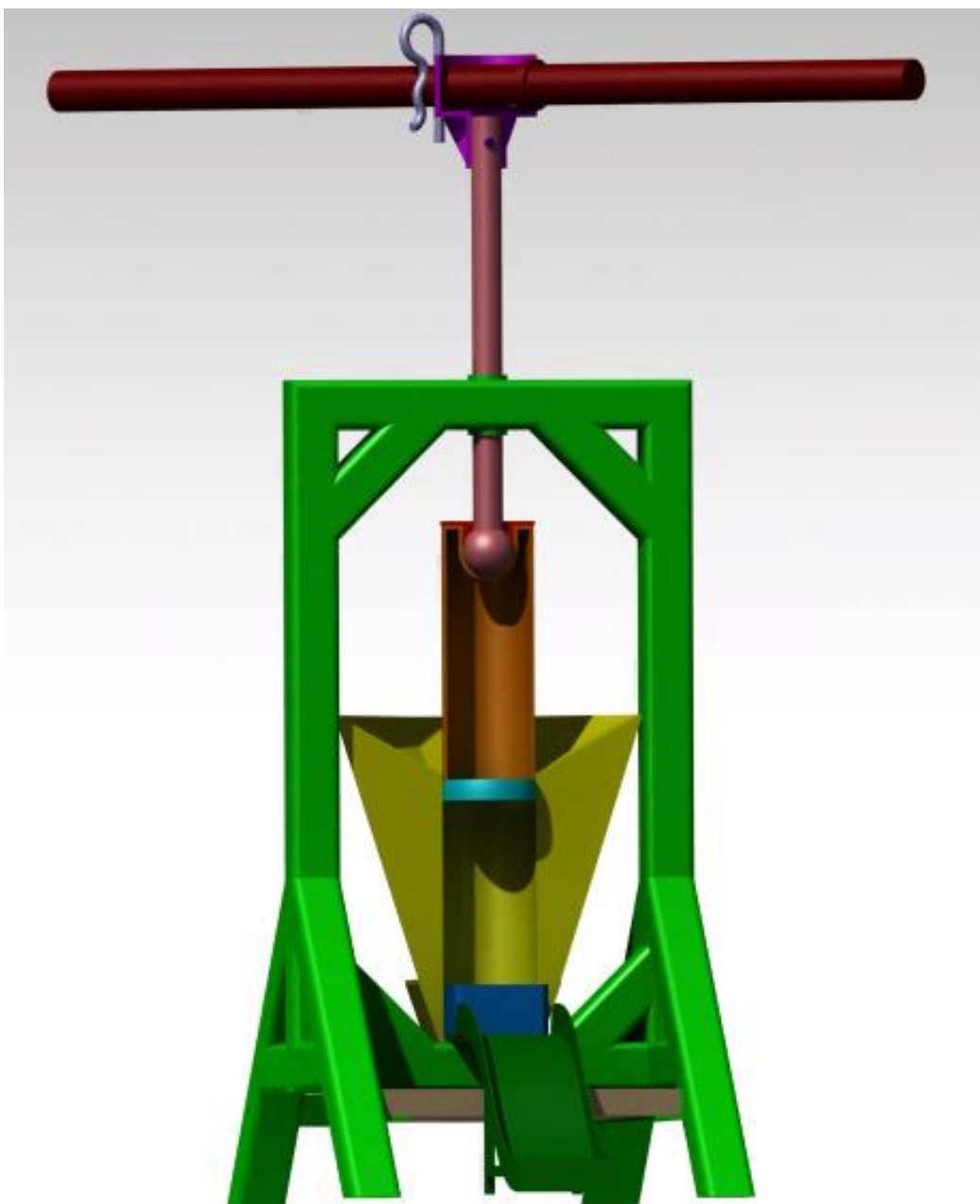


figura 1 - Compactador vista geral

Neste documento pode ser dividido em duas partes a primeira onde se apresenta ao leitor uma pequena introdução sobre a apra, o que é em que consiste como se classifica. Descreve-se ainda outros compactadores existentes no mercado. Por outro lado na segunda metade do presente relatório faz-se o estudo de projeto e desenvolvimento do compactador de apra, objeto de estudo deste relatório.

2. Apra

2.1 Apra

A maquinagem é um processo de formação de apra e a sua compreensão obriga ao conhecimento do comportamento dos materiais, temperatura gerada, forças que afetam a potência necessária ao corte e estudo da aresta de corte em determinadas condições de maquinabilidade.

Os fenómenos que estão associados ao mecanismo da formação da apra dependem da análise do processo segundo várias perspetivas: mecânica dos meios contínuos, transferência de calor e aspetos metalúrgicos do material a maquinar e das ferramentas. Inicialmente, a aresta de corte da ferramenta penetra na peça/material e encalca uma porção de material contra a face de ataque. A ação do recalque surge por escorregamento da apra em formação é travado pelo atrito com a face de ataque da ferramenta. A apra sofre uma deformação plástica que se traduz no aumento da sua espessura. Como se pode ver na (figura 2) abaixo apresentada.

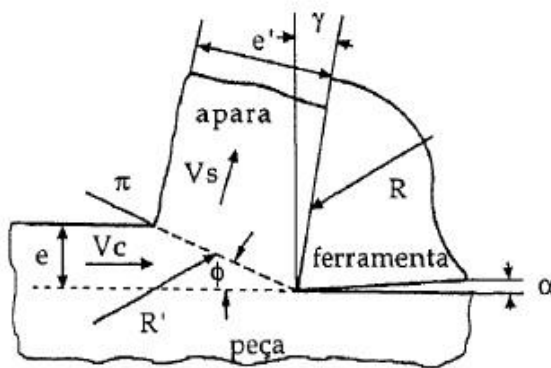


figura 2 – Formação de Apra (Shaw M.C., et al., (2005))

As forças geradas no processo de corte aumentam progressivamente até que as tensões de corte elevadas promovem o escorregamento sem perda de coesão entre a porção de material removido e a peça. O plano de corte corresponde à direção para a qual as tensões são máximas.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Numa segunda fase, a fissuração na região do plano de corte pode ser parcial ou total, originando apra contínua ou descontínua. Na continuidade do movimento relativo entre a peça e a ferramenta obtém-se um escorregamento da apra sobre a face de ataque da ferramenta e no mesmo instante é encalcada uma nova quantidade de material concluindo o ciclo.

O ângulo deste plano com a peça chama-se **ângulo de corte (θ)**. O material que se encontra à direita do plano de corte é a apra deformada com uma espessura (e') o material à esquerda é a apra não deformada (e). A deformação da apra está relacionada com a espessura da apra não deformada, ângulo de desprendimento (γ) e as propriedades mecânicas. O mecanismo de formação da apra é um fenómeno cíclico alternado pela fase de encalque e fase de corte onde a força máxima é obtida na fase de encalque.

2.2 Corte ortogonal

O corte diz-se ortogonal quando a apra sofre uma deformação plana e é expelida perpendicular à aresta de corte. Deste modo, este fenómeno tem uma representação bidimensional, facilitando-se assim a análise vetorial das forças e velocidades, assim como a definição de relações geométricas simples. Este modelo de análise exclui o conceito de deformação heterogénea para o material a maquinar, concentrando-se toda a deformação no plano de arranque de apra, figura 2. Numa análise geral, como é universalmente aceite, a deformação não é bidimensional e, assim sendo, o corte diz-se tridimensional.

2.3 Corte tridimensional

Com a representação do corte por arranque de apra anterior são corretamente caracterizadas várias operações de corte, tais como o sangrar em torneamento, e a fresagem cilíndrica tangencial. Mas a maioria das operações são de corte tridimensional, como por exemplo o torneamento longitudinal com ferramenta base com duas arestas de corte uma principal e outra secundária isto pode ser entendido com o auxílio da figura 3

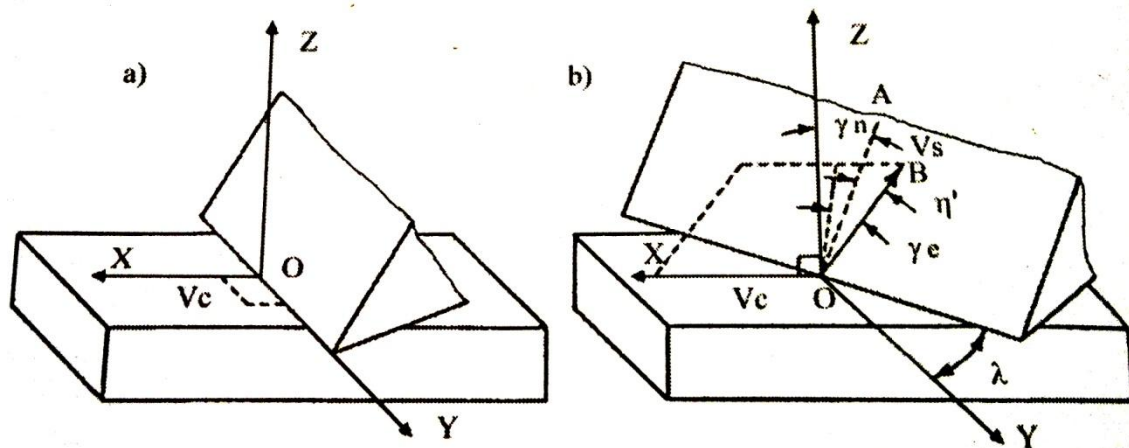


figura 3 - Modelos de Corte a) Corte Ortogonal b) Corte Tridimensional (Dieter G., et. al., 1981.)

As arestas de corte estão conectadas por um raio na ponta da ferramenta que tem por nome bico. As operações com múltiplas arestas de corte englobam também as operações de fresagem e furação, que têm grande importância nas operações de maquinagem.

Podem ser comparados então os processos de corte por arranque de apara nos gráficos da figura 3, onde no gráfico há esquerda pode-se ver uma representação do corte ortogonal onde o arranque de apara se procede perpendicularmente ao plano de corte. À direita encontra-se a representação do corte tridimensional onde o vetor OB representa a direção de extração da apara para o modelo tridimensional. Estão ainda representados os ângulos de inclinação da aresta de corte (λ), o ângulo da posição da aresta de corte (x) e ainda o ângulo de ataque efetivo (γ_e).

2.4 Tipo/Forma de Apra

2.4.1 Forma da Apra

A formação de apra é influenciada pelo material a maquinar, desde apras curtas nos materiais frágeis (endurecidos) até à apra longa nos materiais dúcteis (Alumínio). A rutura não se consegue apenas com a combinação de geometria da ferramenta e velocidade de corte. As forças de corte, as temperaturas e as vibrações são fatores que influenciam a formação da apra. O controlo da apra é um dos fatores chave especialmente nas operações de furação e torneamento. A fresagem cria um comprimento normalmente pequeno na apra graças à limitada implicação do fio de corte. Na furação o controlo da apra é importante devido ao limitado espaço dentro dos furos que estão a ser maquinados.

Este problema deve ser combatido por um processo de furação de alto rendimento onde a apra constituiu uma forma exata para o aumento da eficiência de evacuação e evitar o congestionamento, são exemplo de aperfeiçoamento: geometria da hélice, lubrificação interna, revestimento de brocas, etc.

A formação da apra é afetada por vários fatores:

- Material da peça – ductilidade, estrutura, dureza e dimensão
- Geometrias de ferramenta – ângulo de posição, ataque afetam o comprimento e direção da apra, o raio de ponta afeta a apra em função da profundidade.
- Parâmetros de corte – Avanço, profundidade, Velocidade de Corte e refrigeração
- Geometria da face ataque – Importante no controlo da apra e sua regulação

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Na figura 4 estão representadas varias formas de apra que resultante de processos de maquinagem e suas designações.

1. Fita	2. Tubular	3. Espiral	4. Helicoidal em gume	5. Helicoidal cónica	6. Arco	7. Lasca	8. Agulha
1.1 	2.1 	3.1 	4.1 	5.1 	6.1 	7.1 	8.1
Longa	Longa	Plana	Longa	Longa	Ligada		
1.2 	2.2 	3.2 	4.2 	5.2 	6.2 		
Curta	Curta	Cónica	Curta	Curta	Fragmento		
1.3 	2.3 		4.3 	5.3 			
Enrolada	Enrolada		Enrolada	Enrolada			

figura 4 - Representação das formas da apra, norma ISO 3685 (1993).

Quanto à sua forma as aparas podem ser classificadas do seguinte modo:

- Em fitas ou lisas, de difícil evacuação
- Em espiral, típica de operações de sangramento
- Em helicóide, fácil evacuação
- Em forma de “vírgula”, fácil evacuação
- Em pequenos fragmentos, fácil evacuação na zona de trabalho

Na figura 5 está representada a relação entre profundidade de corte (ap) e a velocidade de avanço (fn). Onde se pode ver que se obtém os melhores resultados para a extração da apra com maiores velocidades de avanço, obtendo-se aparas de menores dimensões e, por outro lado, para grandes profundidades de corte e baixas velocidades de avanço se obtém aparas de grandes dimensões. Sendo que a o tamanho ideal para a apra se encontra na área central do gráfico, circundada pelo traço interrompido.

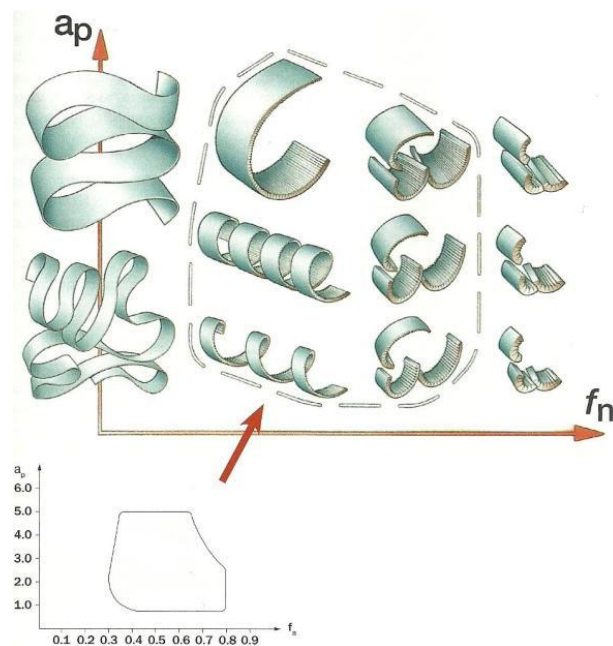


figura 5 - Representação dos tipos de apra em função da profundidade de corte (a_p) e velocidade de avanço (f_n) (Sandvik).

2.4.2 Tipos de Apra

As aparas são normalmente classificadas em três tipos:

Contínua regular – Materiais dúcteis e avanços pequenos obtidos a médias e elevadas velocidades de corte com bom acabamento superficial figura 6

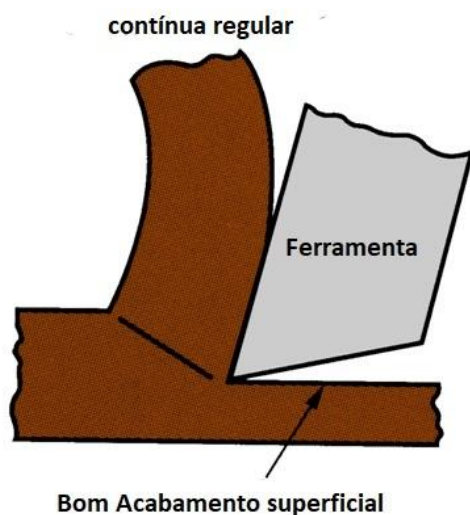


figura 6 - apra contínua regular

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

Contínua irregular com aderência – Materiais dúcteis maquinados com velocidade de corte baixa e sem refrigeração figura 7.

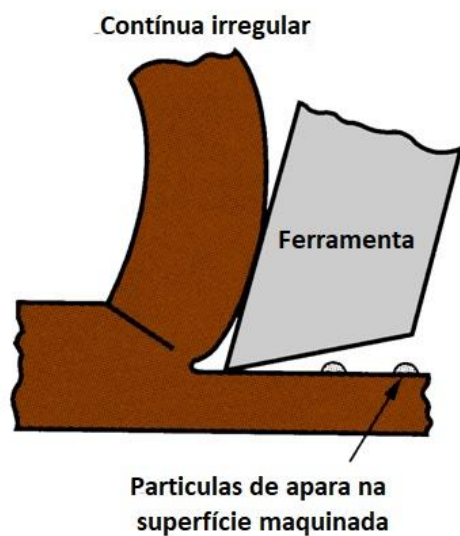


figura 7 - apanha contínua irregular

Descontínua – Materiais frágeis ou condições de corte em que a zona de deformação primária se estenda para ângulos de corte reduzidos que facilitam a propagação de uma fissura ao longo do plano de corte (ferros fundidos) figura 8.

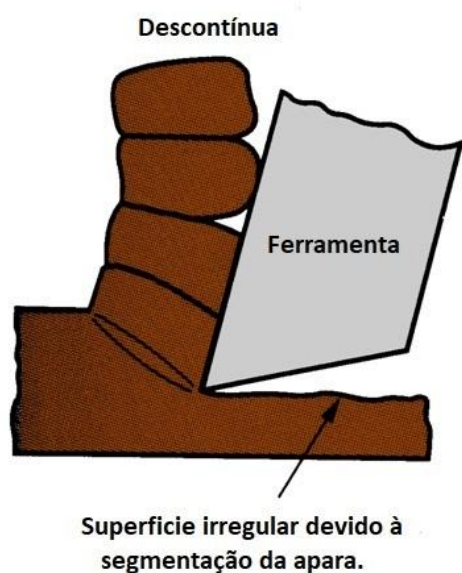


figura 8 - apanha descontínua

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

Serrilhada – esta surge da maquinação de metais duros de liga e também maquinação a alta velocidade figura 9.

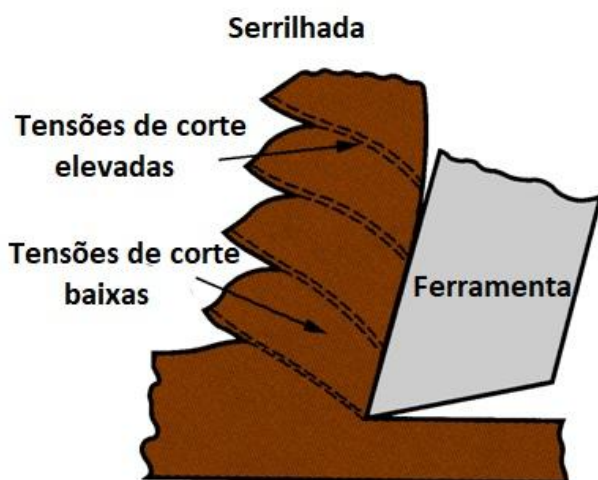


figura 9 - apara serrilhada

2.5 Reciclagem de Apara

A maquinação de metais utilizando ferramentas de corte, produz um grande fluxo de resíduos sólidos (apara) e resíduos não sólidos. Estes resíduos não sólidos (fluídos de corte) são utilizados como fluídos lubrificantes nas operações de maquinação. As operações de maquinação, atuais requerem uma quantidade abundante de fluídos de corte o que representa uma parte importante do peso final (resíduos sólidos e fluídos de corte) o qual não pode ser totalmente removido pelo escoamento simples. A abundante quantidade de lubrificante líquido, normalmente não biodegradável, nas aparas representa um perigo ambiental.

No processo de reciclagem de apara, a extração de fluídos de corte é fundamental uma vez que deste modo, torna-se possível a reciclagem do fluído lubrificante reduzindo o impacto ambiental associado a este fluído normalmente não biodegradável.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

Por outro lado, os blocos de apara devem conter o mínimo de fluídos de corte possível uma vez que no processo de fundição de metais a quantidade de fluídos de corte presente nos resíduos sólidos pode levar a vários problemas de natureza diferente:

- Aspetos económicos: Taxa de recuperação de metal muito baixa
- Aspetos ambientais: Aumento de fumo resultante do processo de fundição e geração de gases.
- Aspetos de qualidade: Embora a reciclagem de metais seja geralmente associada a fatores económicos e ambientais, a inserção do produto final no processo de produção não pode conduzir a uma diminuição da qualidade das peças fabricadas.

Além disso, a redução de recursos primários, o controle de poluição, prevenção e políticas de sustentabilidade tornou-se o foco das sociedades industriais atuais. De acordo com Legarth “without an intensified focus on recycling, we cannot hope to fulfil even the most modest ambitions for sustainability in the use of metal primary resources in the future” (Legarth J. B., (1996),).

2.6 Aspetos económicos da reciclagem de aparas

A grande quantidade de resíduos sólidos (apara) proveniente de operações de maquinagem representa pelo menos cerca de 30% do preço de aquisição da matéria-prima, como é referenciado no artigo “*Recycling of aluminium swarf by direct incorporation in aluminium melts*” (Puga H. et al. (2009),).

Daí o interesse cada vez maior por parte das indústrias atuais de reciclar as aparas, ao invés de se tornar sucata sem qualquer valor económico e representando também um perigo ambiental significativo.

O aproveitamento de aparas também traduz algum incómodo para as respetivas indústrias. Uma vez que se torna necessário disponibilizar espaço para as armazenar.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

Como as aparas possuem uma baixa densidade traduz-se num grande volume ocupado. Daí a necessidade de compactar as aparas em blocos, que também traduz vantagens significantes no processo de reciclagem.

O uso de blocos de apara compactada em operações de fundição maximiza a taxa de recuperação de metal. Caso contrário, as aparas representariam uma densidade muito mais baixa na medida em que ocupariam um maior volume e desvantagem no processo de fundição. No decorrer do processo de fundição as aparas mais leves tendem a flutuar até ao topo do recipiente de fundição aumentando a probabilidade de formação de uma película de óxido.

2.7 Compactadores de Apara

A fim de maximizar a eficiência e aumentar a rentabilidade, os blocos de apara compactados são a melhor solução para gestão e revenda de apara de maquinagem.

O desenvolvimento tecnológico, bem como o recurso a sistemas de maquinagem por arranque de apara, tem vindo a crescer de um modo bastante significativo.

Daí o crescente interesse por parte da indústria atualmente, de reaproveitar as aparas provenientes desses ditos processos de maquinagem. Aspetos económicos e ambientais motivam as industriais atuais a tomarem este tipo de medidas.

Face a este tipo de interesse por parte das empresas, o desenvolvimento de máquinas com a funcionalidade de compactar blocos de aparas têm vindo a ser alvo de desenvolvimento.

Este facto levou ao aparecimento de várias soluções no mercado e também a alguns estudos como por exemplo o que se pode ver na figura 10. Realizado por Samuel M. em 2003 no documento *A new technique for recycling aluminium scrap*.

Hoje em dia, existem muitos modelos de compactadores de apara disponíveis no mercado. Embora grande parte deste tipo de maquinaria, capacitado para tal, seja automatizado e de grandes dimensões, acarretam custos elevados de desenvolvimento dificultando a sua obtenção para as indústrias.

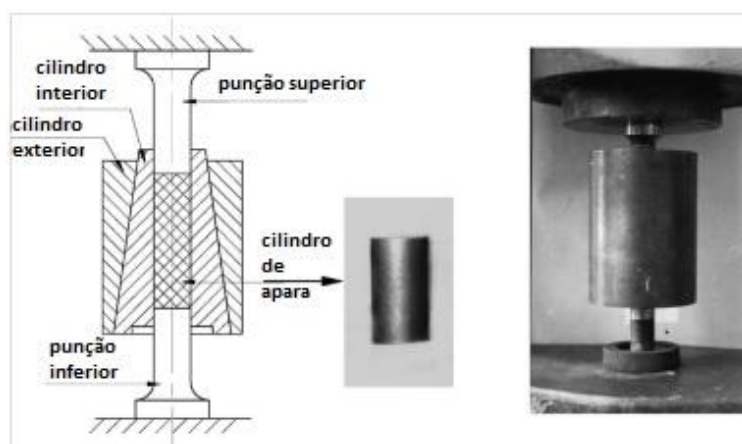


figura 10 - Processo de compactação (Samuel M.et al, (2003),).

Estes compactadores automatizados, dividem-se fundamentalmente em dois grupos. Compactadores de apara verticais e horizontais. A diferença incide no modo de compactação de apara, ou seja a direção em que é feita a compactação. Normalmente, neste tipo de máquinas, o dito processo é obtido pelo deslocamento de um punção na direção em que se encontra posicionado o cilindro. Nos compactadores verticais, a compactação é efetuada na direção vertical. Enquanto nos horizontais é efetuado o movimento numa direção horizontal.

Na tabela 1 são referidos vários modelos de compactadores de apara automatizados da marca *Conemag*. Os dados foram obtidos a partir do catálogo disponibilizado pela marca.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Tabela 1 - Especificações técnicas de vários modelos de compactadores de apra (Catálogo “Conemag”).

	BMX-530T	BMX-397T	BMX-314T	BMX-132T
Funil para abastecimento	0,70 x 0,60m	0,70 x 0,60m	0,70 x 0,60m	0,70 x 0,60m
Dimensão dos Blocos (mm)	D100-140 x (80-100)	D90-130 x (70-90)	D80-120x (60-80)	D50-90 x (50-70)
Densidade dos Blocos	>5.20t/m ³	>5.20t/m ³	>5.20t/m ³	>5.20t/m ³
Ciclo operacional produtivo (blocos/hora):	>2.20t/m ³	>2.20t/m ³	>2.20t/m ³	>2.20t/m ³
Taxa de Produção (ex. ferro fundido)	360	360	360	360
Taxa de Produção (ex. alumínio)	2.500 kg/h	2.000 kg/h	1.500 kg/h	700 kg/h
Potência nominal de compactação:	1.000 kg/h	800 kg/h	600 kg/h	280 kg/h
Potência Nominal de Trabalho:	530 t – 6.75 t/cm ²	397 t – 6.24 t/cm ²	314 t – 6.25 t/cm ²	132 t – 6.72 t/cm ²
Potência Elétrica:	45 Kw (60cv)	37 Kw (50cv)	30 Kw (50cv)	15 Kw (20 cv)
Volume de óleo hidráulico ISSO AW46:	Reservatório 1.400 l	Reservatório 1.200 l	Reservatório 1.000 l	Reservatório 800 l
Modo Operacional:	Automático via PLC	Automático via PLC	Automático via PLC	Automático via PLC
Dimensão dos Equipamentos:	4,70 x 2,10 x 2,60 m	4,60 x 2,00 x 2,50 m	4,40 x 1,80 x 2,30 m	3,10 x 0,90 x 2,10 m
Peso dos Equipamentos:	14.000 kg	12.000 kg	9.000 kg	5.000 kg

Na tabela 1 é possível visualizar as especificações técnicas referentes a cada máquina, ou seja a cada modelo específico.

Por outro lado, alguns protótipos convencionais também já foram desenvolvidos (ARS briquetting systems,). Estes tipos de protótipos mecânicos sem recurso a automação podem ser obtidos e desenvolvidos representando um custo de obtenção muito inferior. No entanto, grande parte destes protótipos não se baseiam em qualquer projeto mecânico sendo concebidos com base no conhecimento geral.

2.8 Síntese

Um dos maiores desafios deste projeto tem a ver com o objetivo proposto em que este mecanismo opere sem a utilização de automatização. Este objetivo surge da necessidade de manter o mais reduzido possível, os custos de desenvolvimento, fabrico e numa fase posterior os custos operacionais.

Deste modo tenta-se com este projeto encontrar alternativas às soluções já existentes no mercado. Respeitando os pressupostos definidos aquando do desenvolvimento da ideia tais como, a portabilidade do mecanismo, reduzida área de implantação, facilidade de operação, a ergonomia funcional do aparelho, minimização dos riscos para o operador aquando da operação com este. Fomentar uma atividade física saudável para as pessoas envolvidas com a máquina e principalmente a obtenção de um bloco aglomerado de apra como produto final livre de grandes cavidades e sem a presença de fluído de corte no seu interior tanto quanto possível.

Assim, faz-se uma análise dos tipos de apra resultantes de atividade industrial, em diferentes processos de maquinagem, de onde resultam diferentes tipos de apra esta pode ser dividida em três principais categorias que são apra descontínua, contínua regular e contínua irregular. Cada uma destas apresenta diferentes razões para a sua formação e assim cada uma por sua vez apresenta desafios para a sua compactação.

3. Projeto

Na figura 11 pode ser visto uma representação em perspetiva explodida de todos os componentes constituintes do compactador de apara. Seguidamente será enunciada uma descrição detalhada de todos os componentes bem como a sua função no mecanismo.

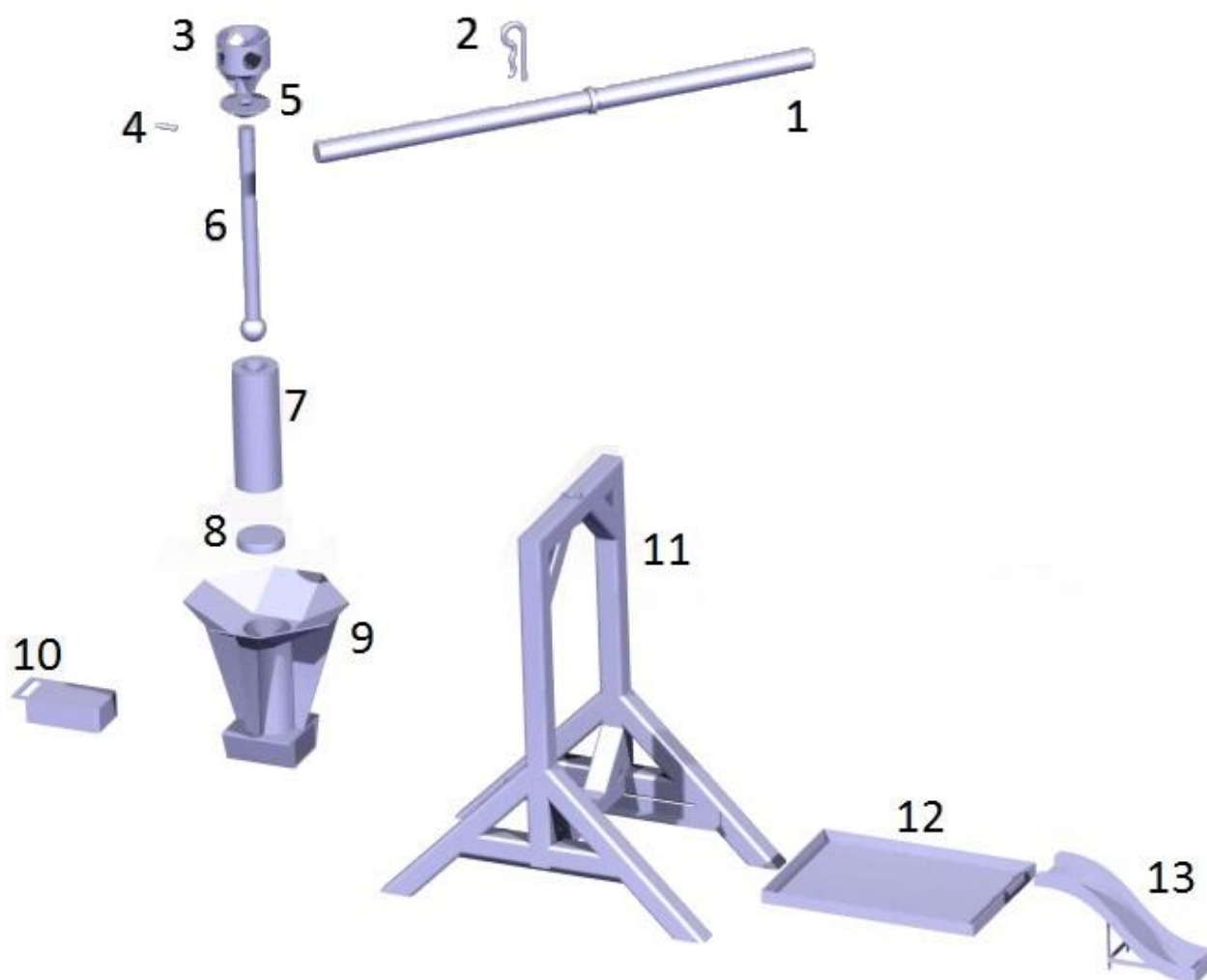


figura 11 - Perspetiva Explodida

3.1 Descrição da máquina

Máquina com a finalidade de compactar de aparas soltas em blocos de apara, a partir da força exercida pelo operador no braço da máquina (1), sem recurso a qualquer tipo de energia ou automatização.

O processo de compactação ocorre com o movimento vertical descendente do pistão (7) no interior do cilindro (9).

O parafuso de transmissão de potência (6) permite transformar um movimento angular num movimento linear. Deste modo ao ser aplicada uma força radial no braço da máquina (1) esta traduz-se numa força axial. A força axial é aproveitada no processo de compactação de apara.

O parafuso-potência (6) encontra-se acoplado a uma porca soldada na matriz da máquina (11), figura 12

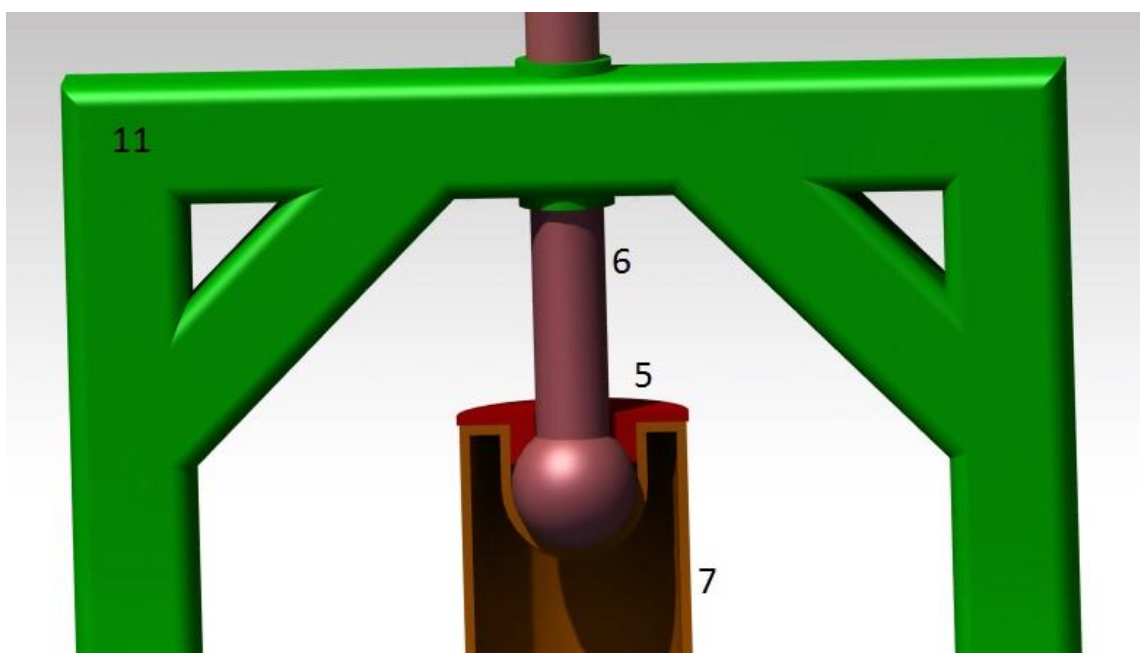


figura 12 - Pormenor do acoplamento do fuso roscado ao pistão.

O dimensionamento do parafuso mecânico e respetiva porca encontra-se disponível no capítulo Dimensionamento do parafuso de transmissão de potência do presente relatório (secção 6).

Na extremidade superior do parafuso-potência, este encontra-se acoplado o cabeçote (3).

O pino de fixação (4) garante o acoplamento fixo entre as duas peças anteriores. De facto, o pino de fixação é de especial importância no movimento vertical ascendente do pistão.

O parafuso-potência possui na sua extremidade inferior uma meia esfera soldada, como é possível verificar na figura 13

Esta esfera posiciona-se dentro da caixa esférica (7), que permite um contacto perfeito entre ambas as peças.

A tampa (5) garante o acoplamento entre o parafuso-potência (6) e o pistão (7), uma vez que a tampa é fixada à caixa com interior esférico (7) por quatro parafusos.

Esta peça também possui na parte de inferior uma superfície esférica de modo a permitir um melhor contacto entre as peças minimizando o desgaste.

A rampa de saída (13) direciona os blocos de apra para o local de armazenamento.

A caixa esférica (7) possui uma entrada de lubrificante.

A existência de lubrificante na caixa deve ser garantida proporcionando um movimento muito mais fluído, minimizando o atrito e o desgaste das peças.



figura 13 - Parafuso-potência

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

O funil de abastecimento (9) é fixado ao chassis da máquina (11), como é possível verificar na figura 14.

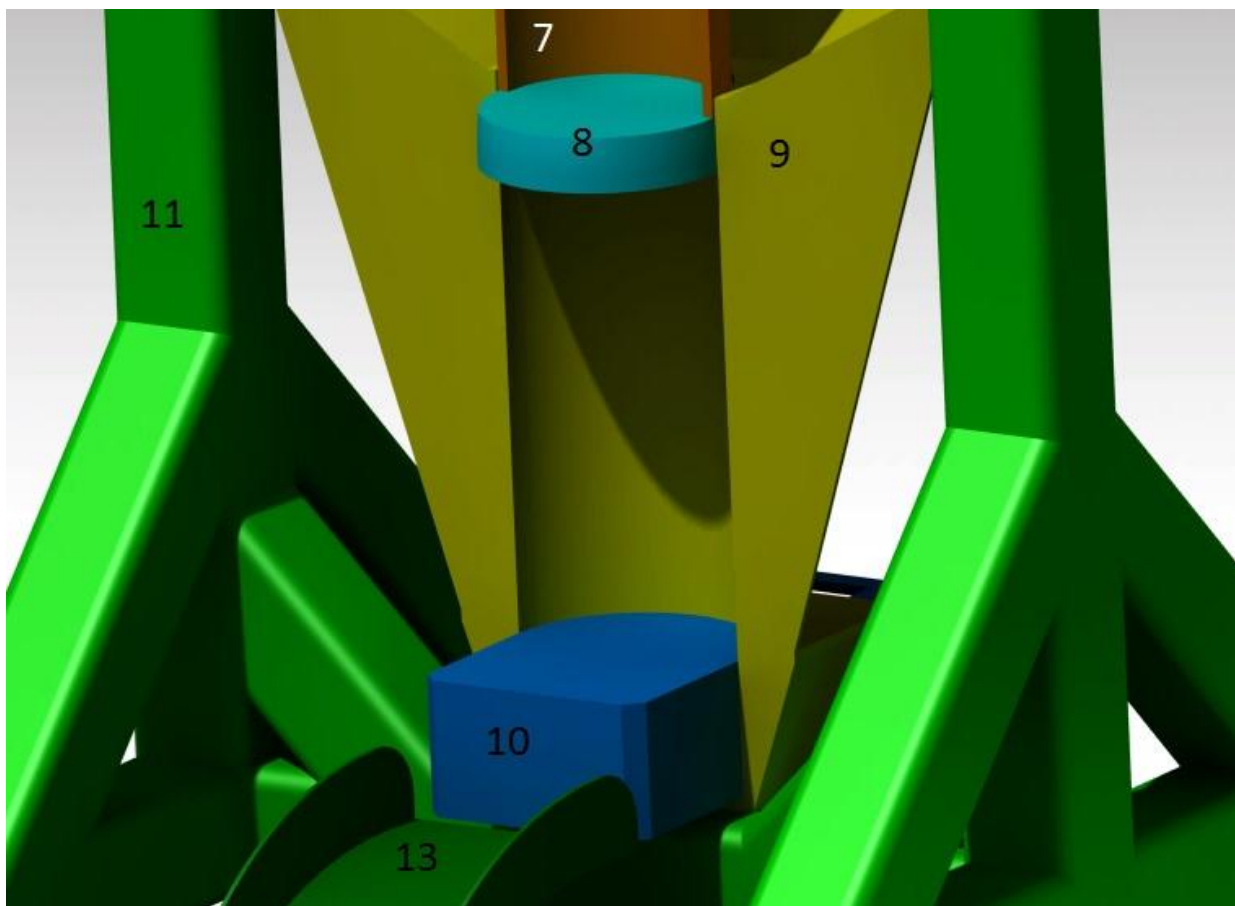


figura 14 - Conjunto corte chassis.

O batente (10) deve estar posicionado no interior da caixa de suporte do funil durante o processo de compactação, até ser formado o bloco de aparas.

De seguida, este é retirado de modo que o bloco de aparas caia para dentro da caixa de suporte.

Seguidamente o batente (10) é movido de encontro ao bloco de aparas, de modo que este seja deslocado em direção à rampa de saída (13) para ser armazenado.

O presente projeto encontra-se provido de um reservatório (12), que se destina a acumular todos os resíduos sólidos e outros soltos durante a operação de compactação.

Uma vez que as aparas possuem uma grande quantidade de lubrificante. No processo de compactação ocorre o escorrimento de uma grande quantidade de lubrificante.

A barra (1) é fixada através de um pino (2).

Em anexo encontra-se o desenho de definição das peças e desenho de conjunto.

4. Modelo computacional de esforços no chassis da máquina.

Com este capítulo pretende-se mostrar os testes feitos para apurar se o chassis idealizado, aquando da modelação, é suficientemente resistente para suportar os esforços impostos ou se se tem de fortalecer alguma zona mais crítica de concentração de tensões. Pretende-se assim com este teste verificar a rigidez, deformação e distribuição de tensão no chassis. Foi verificado que o presente modelo pode ser fabricado por estas especificações que vai manter a sua integridade se se mantiver o limite de carga aplicada que se refere neste trabalho, que consiste numa força aplicada de 350N para se obter uma força de compressão máxima de 80 kN. A força aplicada com a direção das setas amarela tem por módulo 80 kN.

Na figura 15 pode ser verificado que a tensão máxima atingida no chassis e de 1.75×10^8 MPa e a tenção de cedência do aço fica acima disso por volta dos 2.35×10^8 MPa dependendo do tipo de aço que for utilizado. Assim pode ser concluído que o chassis suporta os esforços a que estas cargas o expõem.

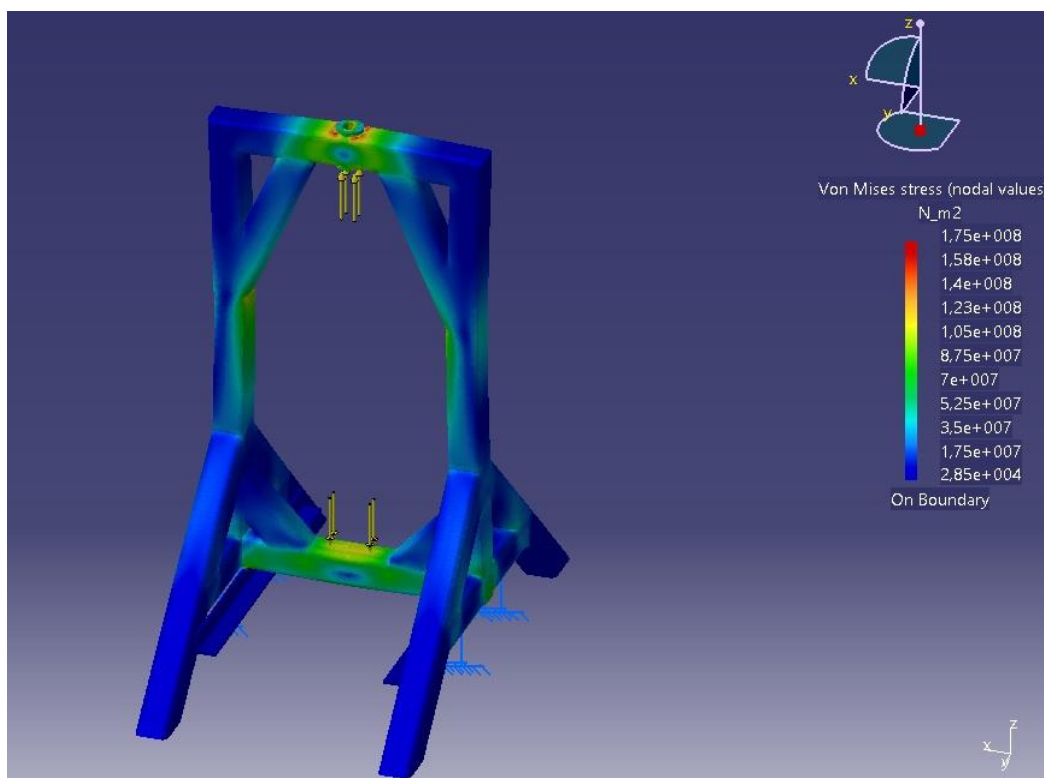


figura 15 - Esforços no chassis Tensão de Von Mises

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Na figura 16 podemos verificar que a deformação máxima observada é de 0.348 mm, valor este que não é significativo em termos de por em causa a integridade mecânica da máquina.

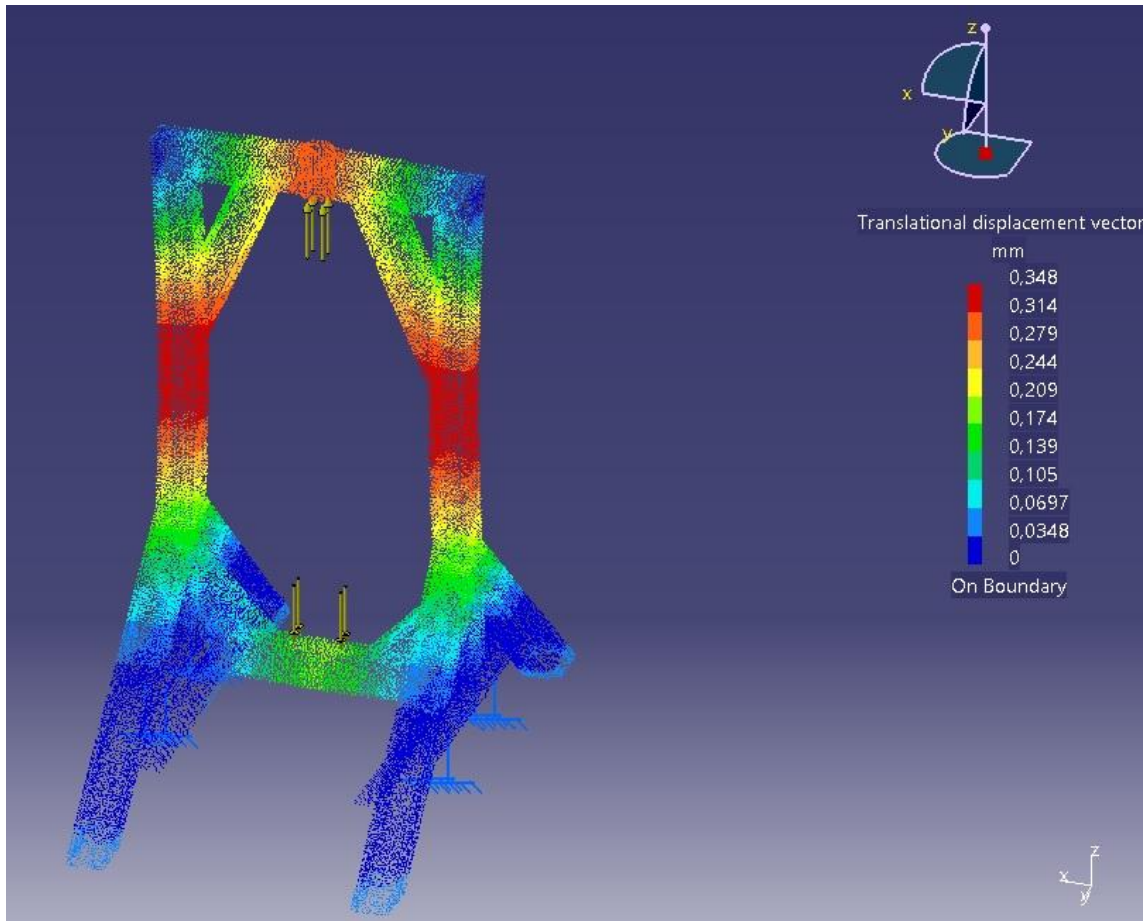


figura 16 - Deslocamentos

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Na figura 17 podem ser observadas as zonas de maior concentração de esforços. Estes locais onde se pode vir a verifica o aparecimento de fadiga do material, mas confiando nos valores obtidos na simulação, esta realidade só acontecerá se o material apresentar algum defeito pontual nessa área ou se as ligações soldadas apresentarem defeitos. Por esta razão surge no presente relatório o capítulo Cálculo tensões de cedência nas soldaduras (secção 5).

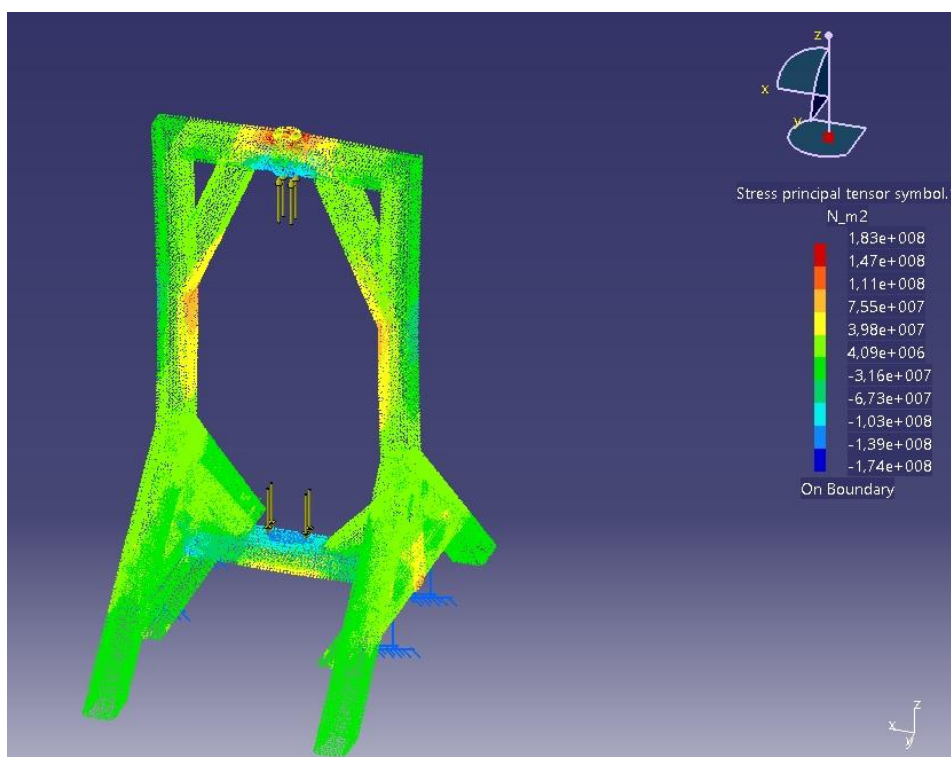


figura 17 - Zona de stress

Estas simulações foram geradas, assim como toda a modelação presente deste trabalho, no software CATIA v5r20 student edition. Este é um modelador 3D com várias funcionalidades na modelação tridimensional bem como em análise estrutural, de forças e também montagem tridimensional de todos os componentes.

5. Cálculo tensões de cedência nas soldaduras

Neste capítulo procede-se ao cálculo da tensão de normal e de corte para as ligações soldadas como pode ser verificado na figura 18.

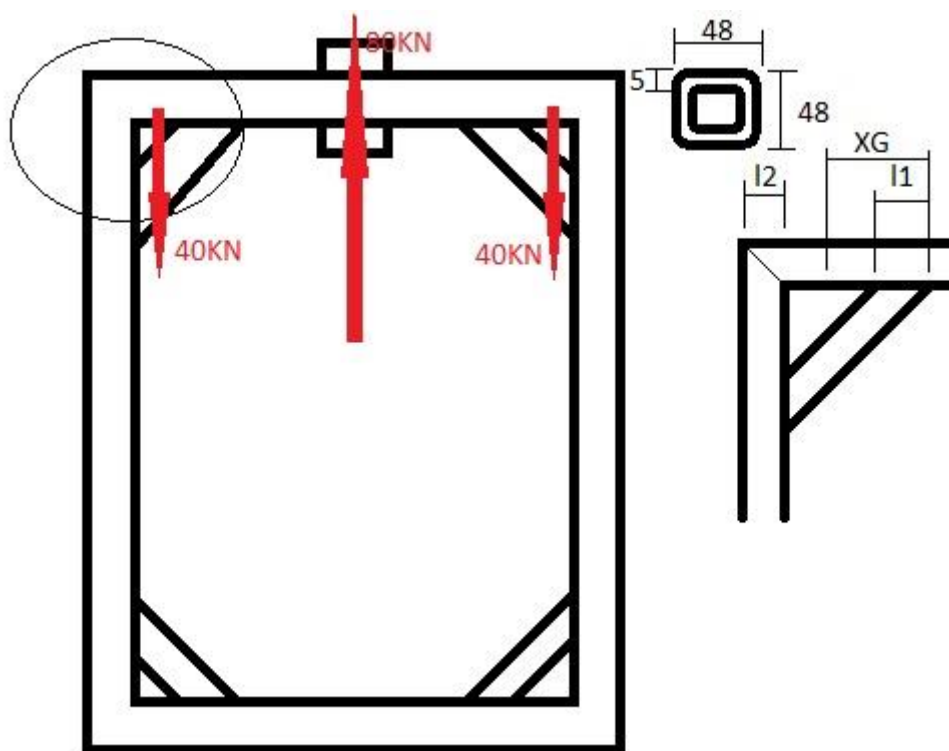


figura 18 - Esquema auxiliar para o calculo das tensões de soldadura.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Determinação do centro de massa de aplicação da força no canto.

$$XG = \frac{l1 \times \left(\frac{l1}{2}\right) + l2 \times \left(\frac{l2}{2} + X\right)}{l1 + l2}$$

Distribuição de esforços

$$\begin{cases} F_{XG1} + F_{XG2} = 40KN \\ \frac{F_{XG1}}{F_{XG2}} = \frac{X_{G2}}{X_{G1}} \end{cases}$$

Tensões dos cordões

$$\sigma_{normal} = \frac{F_{XG2} \times \cos 45}{2 \times \frac{H}{\cos 45} \times h}$$

$$\tau_{corte} = \frac{F_{XG2} \times \cos 45}{2 \times \frac{H}{\cos 45} \times h}$$

Estado limite: $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{pa}^2 + 3(\tau_{pa}^2)}$

$$\sigma_{eq} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}, \quad \sigma_{pa} \leq \frac{0.9 f_u}{\gamma_{M2}}, \quad \gamma_{M2} = 1.25$$

Fadiga: $\sigma_a = \sqrt{\sigma_{pa}^2 + \tau_{pa}^2}, \quad \tau_a = \tau_{la}$

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_f} = 1, \quad \frac{\tau_a}{\tau_f} = 1, \quad \left(\frac{\sigma_a}{\sigma_f}\right)^3 + \left(\frac{\tau_a}{\tau_f}\right)^5 = 1, \quad \sigma_f = \tau_f = 35 \text{ MPa}$$

Grau	f_y (MPa)	f_u (MPa)	β_w
S235	235	360	0.80
S275	275	430	0.85
S355	355	510	0.90
S420	420	540	1.0
S460	460	560	1.0

5.1 Cálculos tensões de cedência.

$$XG = \frac{67,9 \times \left(\frac{67,9}{2}\right) + 48 \times \left(\frac{48}{2} + 92,5\right)}{67,9 + 48} \quad XG = 68,14 \text{ mm}$$

$$F_{xg1} = 23,4 \text{ KN}$$

$$F_{xg2} = 16,6 \text{ KN}$$

$$X_{g1} = 34,19 \text{ mm}$$

$$X_{g2} = 48,36 \text{ mm}$$

$$\sigma_{normal} = \frac{16,6 \text{ KN} \times \cos 45}{2 \times \frac{48}{\cos 45} \times 5} \quad \sigma_{pa} = \sigma_{normal} = 17,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_{corte} = \frac{16,6 \text{ KN} \times \cos 45}{2 \times \frac{48}{\cos 45} \times 5} \quad \tau_{pa} = \tau_{corte} = 17,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{17,26^2 + 3(17,26^2)} \quad \sigma_{eq} = 34,52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} \leq \frac{360}{0,80 \times 1,25} \quad \sigma_{eq} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pa} \leq \frac{0,90 \times 360}{1,25} \quad \sigma_{pa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \sqrt{17,26^2 + 17,26^2} \quad \sigma_a = 24,41 \text{ MPa}$$

$$\frac{24,41}{\sigma_f} = 1 \quad \sigma_f = 24,41 \text{ MPa} \leq 35 \text{ MPa}$$

$$\frac{17,26}{\tau_f} = 1 \quad \tau_f = 17,26 \text{ MPa} \leq 35 \text{ MPa}$$

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

Assim podemos concluir que a matéria-prima que foi destinada para o fabrico do chassis, que consiste num tubo quadrado de 48X48 mm e espessura de 5 mm e uma matéria-prima adequada para o fabrico do dito chassis. Também as ligações soldadas que foram designadas no modelo permitem uma fixação adequada dos componentes do chassis. Obtendo-se assim as características mecânicas pretendidas para este componente fundamental para a máquina.

6. Dimensionamento do parafuso de transmissão de potência

Primeiramente serão expostas as formulações teóricas necessárias para se proceder ao dimensionamento do parafuso de transmissão de potência. Bem como algumas considerações dimensionais e locais de aplicação das forças figura 19.

Dados:

$$L_{braço} = 0.5 \text{ m}$$

$$\mu_{\text{Coeficiente de atrito}} = 0.1$$

$$\sigma_{\text{contacto}} \leq 110 \text{ MPa}$$

$$\delta_{\text{contacto}} \leq 55 \text{ MPa}$$

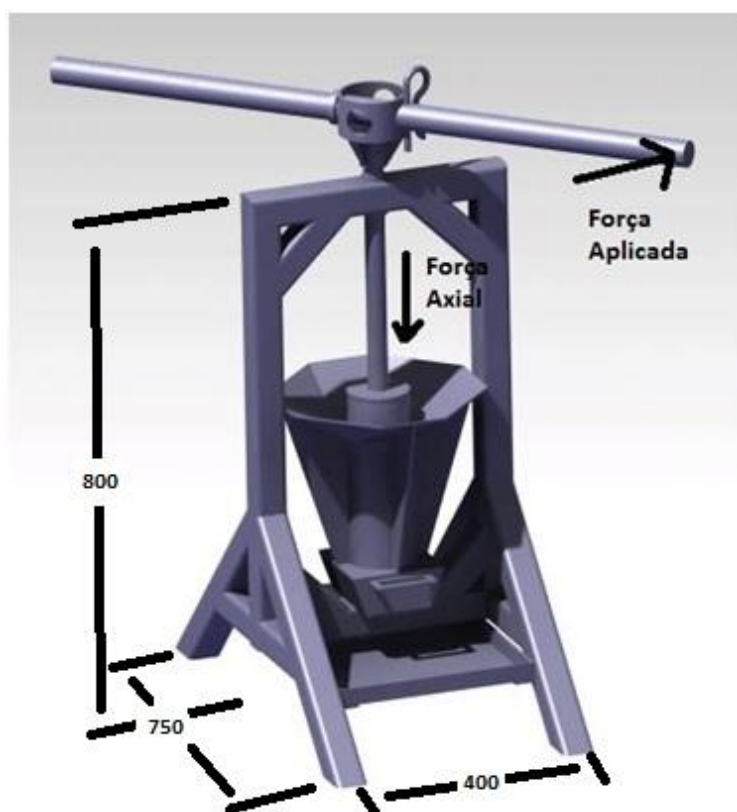


figura 19 - Imagem representativa das Forças

Equação para determinar a Força de compactação aplicada no bloco:

$$\tan \alpha = \frac{P}{\pi D}$$

$$M_t = F_{aplicada} \times L$$

$$M_t \cong \left[\frac{D - P/2}{2} \right] \times \left(F_{axial} \times \mu \pm F_{axial} \times \left(\frac{P}{\pi D} \right) \right)$$

Na figura 20 podem ser verificados as várias incógnitas necessárias ao preenchimento das fórmulas acima indicadas.

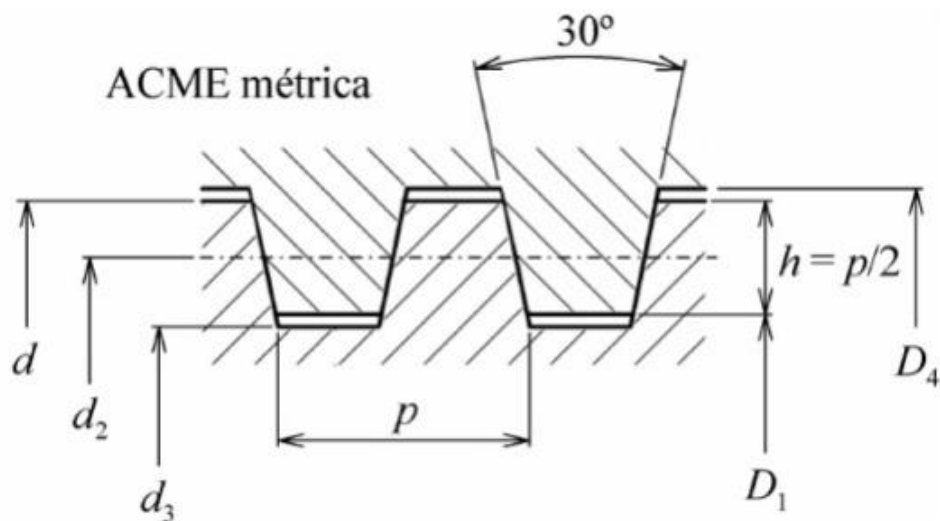


figura 20 - Dentado Helicoidal (Morais A. Et al.,(1999)).

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

No presente projeto pretende-se determinar a força axial, partindo da força aplicada. Através da manipulação das equações obteve-se a seguinte expressão:

$$F_{axial} = \frac{F_{aplicada} \times L}{\left[\frac{D - P/2}{2}\right] \times \left(\mu + \frac{P}{\pi D}\right)}$$

Para o cálculo das Tensões:

$$\sigma_{nominal} = \frac{4 \times F_{axial}}{\pi \times (D - P)^2}$$

$$\sigma_{contacto} = \frac{F_{axial}}{\left(\frac{P}{2} \times \pi D\right) \times N_{filetes \text{ ativos}}}$$

$$\delta_{contacto} = \frac{F_{axial}}{(\bar{h} \times \pi D) \times N_{filetes \text{ ativos}}}$$

O h tem de ser corrigido visto que se trata de um dentado helicoidal.

$$\bar{h} = \frac{P}{2} + \frac{P}{2} \times \tan 15^\circ$$

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Na seguinte tabela (tabela 2), da sebenta sistemas mecânicos (Morais A. Et al.,(1999)), foram retirados os valores do passo do dentado para efetuar os cálculos:

Tabela 2 – Tabela de referencias para o calculo do dentado do fuso (Morais A. Et al.,(1999)).

d	p	d_2	D_4	d_3	D_1	d	p	d_2	D_4	d_3	D_1
10	2	9.0	10.5	7.5	8.0	48	8	44.0	49.0	39.0	40.0
12	3	10.5	12.5	8.5	9.0	50*	8	46.0	51.0	41.0	42.0
16	4	14.0	16.5	11.5	12.0	52	8	48.0	53.0	43.0	44.0
20	4	18.0	20.5	15.5	16.0	55*	9	50.5	56.0	45.0	46.0
24	5	21.5	24.5	18.5	19.0	60	9	55.5	61.0	50.0	51.0
28	5	25.5	28.5	22.5	23.0	65*	10	60.0	66.0	54.0	55.0
30*	6	27.0	31.0	23.0	24.0	70	10	65.0	71.0	59.0	60.0
32	6	29.0	33.0	25.0	26.0	75*	10	70.0	76.0	64.0	65.0
36	6	33.0	37.0	29.0	30.0	80	10	75.0	81.0	69.0	70.0
40	7	36.5	41.0	32.0	33.0	90	12	84.0	91.0	77.0	78.0
44	7	40.5	45.0	36.0	37.0	100	12	94.0	101.0	87.0	88.0

6.1. Cálculos do dimensionamento do parafuso transmissão de potência.

Atribuíram-se valores a algumas grandezas para se validar o conceito de parafuso transmissão de potência, e posteriormente depois de algumas iterações chegar a valores de forças aplicadas, dimensões de fusos e forças resultantes que satisfaçam as condições de operabilidade da máquina.

Assim verificam-se três principais limitações do engenho. A primeira é a força aplicada pelo operador para colocar a máquina em funcionamento, assim tomou-se por valores da força aplicada 50 N, 100 N, 200 N, 500 N e 700N. Fornecendo assim um largo espectro de forças desde 50 N que qualquer ser humano adulto consegue empregar até 700 N que representa aqui a força empregue por um sobre humano, que é também tomada para conferir um coeficiente de segurança ao equipamento.

Tem-se ainda a tensão de contacto e deformação de contacto no fuso que têm de respeitar os valores. $\sigma_{contacto} \leq 110 \text{ MPa}$ $\delta_{contacto} \leq 55 \text{ MPa}$ Existe ainda uma outra variável, a altura da porca roscada, que se encontra embutida no chassis da máquina o que permite o emprego de um fuso neste projeto, esta porca que por o opção e para simplificar os cálculos, foi definido que esta peça tenha uma altura de 60 mm.

Diâmetro do fuso = 10 mm

$H_{porca} = 60 \text{ mm}$

Tabela 3 – Resultados para fuso com Diâmetro de 10mm e Altura da porca de 60mm.

	$F_{aplicada} (N)$				
	50	100	200	500	700
$F_{axial} (N)$	33945,29	67890,58	135781,17	339452,92	475234,09
$\sigma_{nominal} (MPa)$	675,33	1350,67	2701,35	6753,36	9454,70
$\sigma_{contacto} (MPa)$	36,02	72,04	144,07	360,18	504,25
$\delta_{contacto} (MPa)$	28,41	56,81	113,62	284,06	397,68

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

As tensões de contacto ultrapassam os limites estabelecidos, tabela 3, para forças aplicadas superiores a 200 N verificando-se assim que a opção por um fuso com 10 mm de diâmetro não se verifica uma opção viável para o presente projeto.

Os cálculos foram efetuados para várias forças, mas só será necessário analisar as tensões de contacto para a maior força, visto que, se para essa força o limite estabelecido não for ultrapassado, não serão apresentados quaisquer problemas para forças inferiores como podemos verificar na tabela 4

Diâmetro do fuso = 20 mm

$H_{porca} = 60 \text{ mm}$

Tabela 4 - Resultados para fuso com Diâmetro de 20mm e Altura da porca de 60mm.

	$F_{aplicada} (N)$				
	50	100	200	500	700
$F_{axial} (N)$	16972,65	33945,29	67890,59	169726,46	237617,05
$\sigma_{nominal} (MPa)$	84,42	168,83	337,67	844,17	1181,84
$\sigma_{contacto} (MPa)$	9,00	18,01	36,02	90,04	126,06
$\delta_{contacto} (MPa)$	7,10	14,20	28,41	71,01	99,42

Sendo esta uma melhor opção no que diz respeito ao diâmetro do fuso do que a anterior, tendo sido utilizado um fuso de 20 mm de diâmetro, ainda assim para as duas maiores forças testadas ainda se ultrapassa o limite para as tensões de contacto. Sendo assim é com o objetivo de conceder uma maior robustez ao equipamento rejeita-se também esta solução. Passando-se assim para uma terceira alternativa onde é utilizado um fuso com 30 mm de diâmetro.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apra de Maquinagem

Diâmetro do fuso = 30 mm

$H_{porca} = 60$ mm

Tabela 5 - Resultados para fuso com Diâmetro de 30mm e Altura da porca de 60mm

	$F_{aplicada}$ (N)				
	50	100	200	500	700
F_{axial} (N)	11315,09	22630,19	45260,39	113150,98	158411,37
$\sigma_{nominal}$ (MPa)	25,01	50,02	100,05	250,12	350,17
$\sigma_{contacto}$ (MPa)	4,00	8,00	16,01	40,02	56,03
$\delta_{contacto}$ (MPa)	3,16	6,31	12,62	31,56	44,19

Após estes dados, podemos verificar que o aumento do diâmetro traduz uma diminuição da força axial, por este mesmo motivo não foram testados maiores diâmetros. Apesar de obtermos maiores Forças com o diâmetro de 10 mm encontra-se a desvantagem de as tensões de contacto serem demasiado elevadas, visto isto, será usado um diâmetro de fuso de 30 mm com uma porca de 60 mm com as quais se obtém uma Força de 80 kN para uma força aplicada de 350 N. Valor este arbitrado como valor médio acessível ao operador comum. Sendo este, o valor de carga sugerido para a operação do dispositivo.

7. Conclusão

O presente equipamento permite compactar aparas soltas em blocos de apra, possibilitando o armazenamento e rentabilizando os lucros com o processo de reciclagem.

A implementação do sistema mecânico, parafuso de transmissão de potência, permite obter uma força de compactação de aproximadamente 80 kN a partir de uma força de 350 N aplicada pelo operador no braço da máquina. Esta força que é aplicada no braço do equipamento é aplicada progressivamente não sendo necessário exercer uma força tão extrema desde o início do ciclo de compressão e atingindo-se um pico de esforço logo antes de a máquina atingir o ponto de compressão máxima. O equipamento ajuda ainda o operador a atingir este teto de força apresentando o braço, numa altura ergonómica e que possibilita a maximização da força de um qualquer operador.

O diâmetro do parafuso de potência foi dimensionado para respeitar os pressupostos designados e deve corresponder a 30 mm. A altura da porca deve corresponder a 60 mm. Deste modo, os valores obtidos de tensão nominal e de contacto são inferiores aos valores limite tabelados. Com o intervalo de tensões em trabalho serão muito inferiores aos valores máximos permitidos.

A força de compactação esperada deverá ser capaz de criar blocos de apra, mesmo sendo inferior às forças de compactação obtidas nos equipamentos automatizados disponíveis no mercado. Como tal, a densidade esperada deverá ser inferior às densidades obtidas nos equipamentos concorrentes. No entanto, esta deverá ser suficiente para permitir o fácil manuseamento, garantindo o estado sólido do bloco e permitindo uma redução significativa do volume ocupado.

Pode assim falar-se de um produto sustentável, que tem em conta os três grandes fatores da sustentabilidade. O fator ecológico onde se inserem as características da reciclagem, poupança de recursos tanto energéticos como minerais.

Projeto de um Sistema de Compactação da Apara de Maquinagem

O fator económico, compactador que utiliza material rejeitado destinado a tornar-se lixo, ajudando assim a valorizar este material e iniciando o processo de conversão em nova matéria-prima. Rendendo assim uma mais-valia para o proprietário. Entra também no fator económico o facto de não ser necessário a aplicação de qualquer fonte energética exterior ao operador para a operação do mecanismo obtendo-se uma valorização de um resíduo sem que se aumentem os custos operacionais significativamente.

E por último tem-se o fator social onde se estimula o exercício saudável, uma tarefa não rotineira, fomentando-se os comportamentos para uma vida saudável e ao mesmo tempo se cria riqueza para o empregador.

7.1 Propostas de trabalhos futuros.

Para trabalhos futuros propõe-se a realização de um protótipo para validação do projeto teórico realizado neste trabalho.

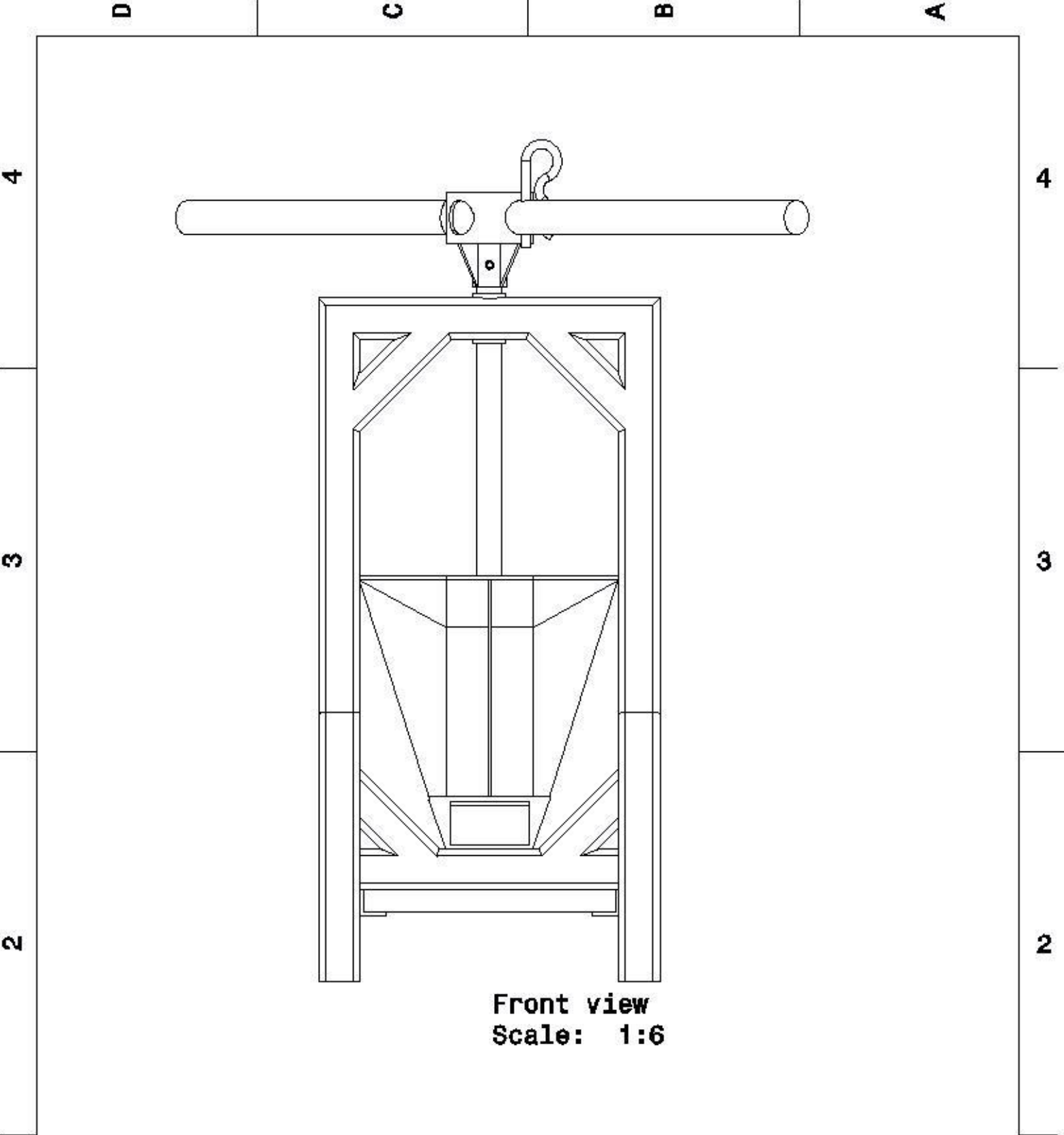
Repensar o desenho de alguns componentes que possam facilitar o seu fabrico aquando da realização do protótipo.

Se necessário e para facilitar as tarefas do operador, podem ser adicionados vários componentes que possam auxiliar na fase de compressão, tais como um volante de inercia, entre outros.

Referências

- Shaw M.C.**, *Metal removal*, CRC Handbook of Lubrication, Vol, II, 335-356, (1979).
- Shaw M.C.**, *Metal cutting principle, second edition*, Oxford University Press, New York, (2005).
- Davim, J. Paulo e Correia, A. Esteves**; *Maquinagem a Alta Velocidade*, Publindústria, Edições Técnicas, (2006).
- Dieter G.**, *Mechanical metallurgy*, McGraw-Hill, New York, pp. 275-300, (1981).
- Gronostajski J., Matuszak A.**; *The recycling of metals by plastic deformation: an example of recycling of aluminium and its alloys chips*, Journal of Materials Processing Technology, 92-93, pp35-41, (1999).
- Gronostajski J., Matuszak A.**; *New Methods of aluminium and aluminium-alloy chips recycling*, Journal of Materials Processing Technology, 106, pp34-39, (2000)
- Morais A. , (1999),;** *Molas Parafusos, Sebenta da unidade curricular Sistemas Mecânicos*
- Puga H., Barbosa J., Ribeiro C.**; *Factors Affecting the Metal Recovery Yield During Induction Melting of Aluminium Swarf*, Materials Science Forum, Vols. 730-732, pp. 781-786, (2013)
- Puga H., Barbosa J., Soares D., Silva F, Ribeiro S. (2009),;** *Recycling of aluminium swarf by direct incorporation in aluminium melts*, Journal of Materials Processing Technology, 209, pp5195–5203, (2009).
- Samuel M. (2003) ,;** *A new technique for recycling aluminium scrap*, Journal of Materials Processing Technology, 135, pp117-124, (2003).
- Legath, Jens B.**, *Recycling of electronic scrap*, Department of Manufacturing Engineering, Technical University of Denmark, (1996).
- Conemag** <http://www.prensasconemag.com.br/equipamento/briquetadeira-automatica-para-metais-2>
- Sandvik** http://sandvik.ecbook.se/se/us-en/training_handbook/
- ARS briquetting systems** <http://www.ars-inc.com/pdf-layouts.aspx>
- Broxtec** <http://www.broxtec.cz/en/page/67984.type-chips-swarf-scrap-correct-conveyor-design/>
- Specialist Machinery Sales** <http://www.smsales.com.au/swarf-compacts-ars-australia.htm>

Anexos



Front view
Scale: 1:6

DESIGNED BY: castelhano	
DATE:	
CHECKED BY: XXX	
DATE: XXX	
SIZE A4	
SCALE 1:6	WEIGHT (kg) 7,02

		I	-
		H	-
		G	-
		F	-
		E	-
		D	-
		C	-
		B	-
DRAWING NUMBER conjunto_final		A	-

SHEET 1/1	
---------------------	--

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

4

4

3

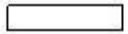
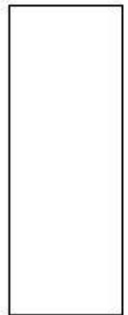
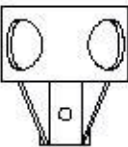
3

2

2

1

1



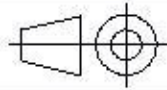
Front view
Scale: 1:6

DESIGNED BY:
castelhano

CHECKED BY:
XXX

DATE:
XXX

SIZE
A4



SCALE
1:6

WEIGHT (kg)
0,94

DRAWING NUMBER
conjunto_punçao_semfim

SHEET
1 / 1

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

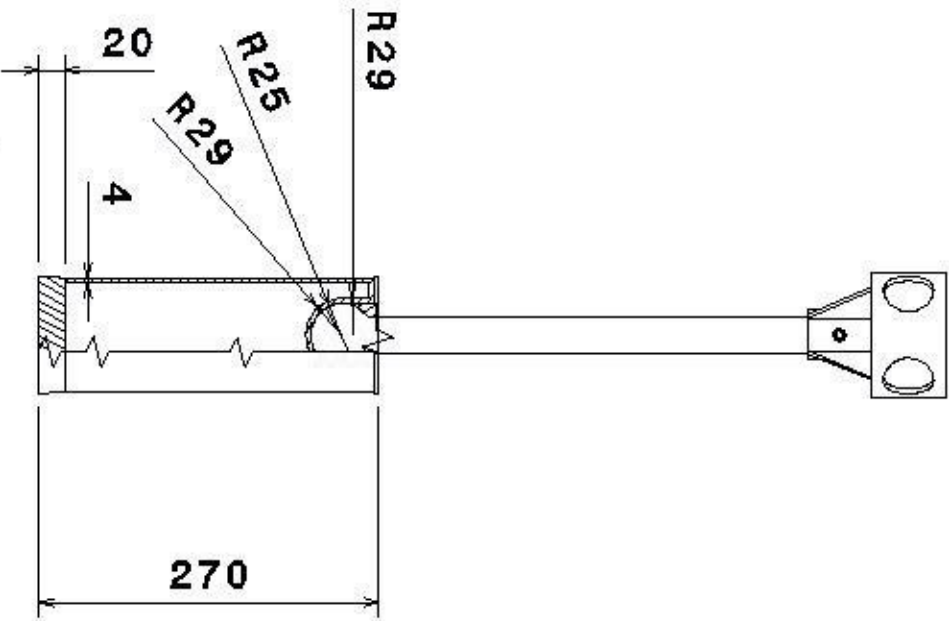
A

D

C

B

A



DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:6

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

SHEET

conjunto punçao semfim

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

1

2

3

4

D

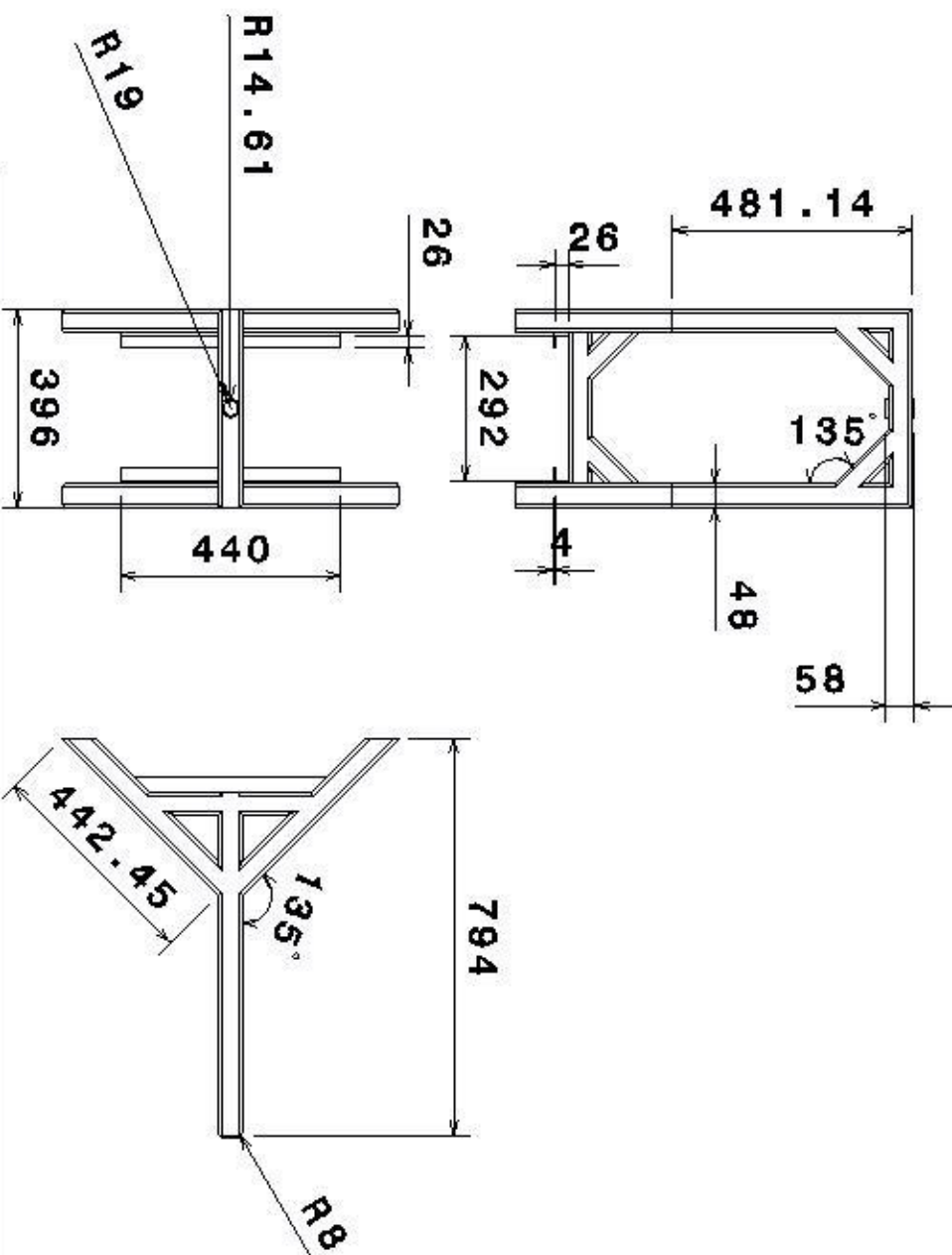
A

D

C

B

A



DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:15 3.24

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

suporte

SHEET

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

1

2

3

4

D

A

D

D

C

B

A

399.71

R 10

R 25

R 5

DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

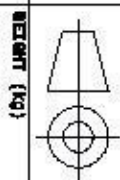
DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:4 0.33



DRAWING NUMBER

SemF1m

SHEET

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

A

1

2

3

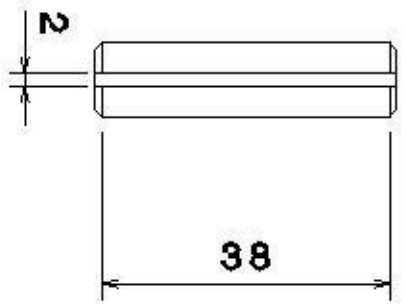
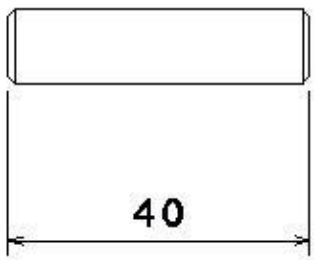
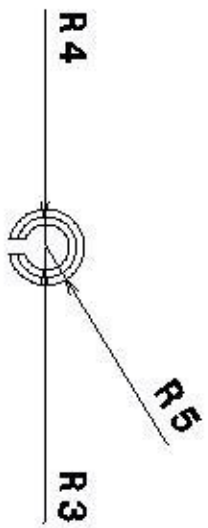
4

D

C

B

A



DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

0.00

DRAWING NUMBER

pino

SHEET

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

1

2

3

4

D

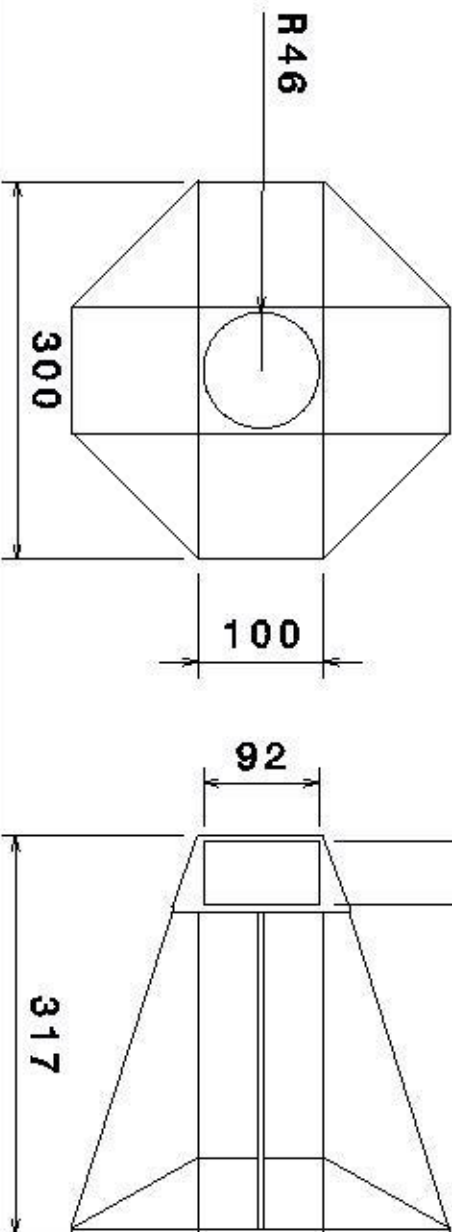
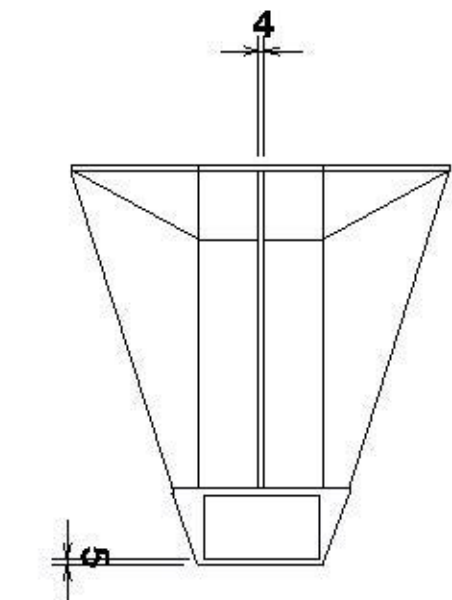
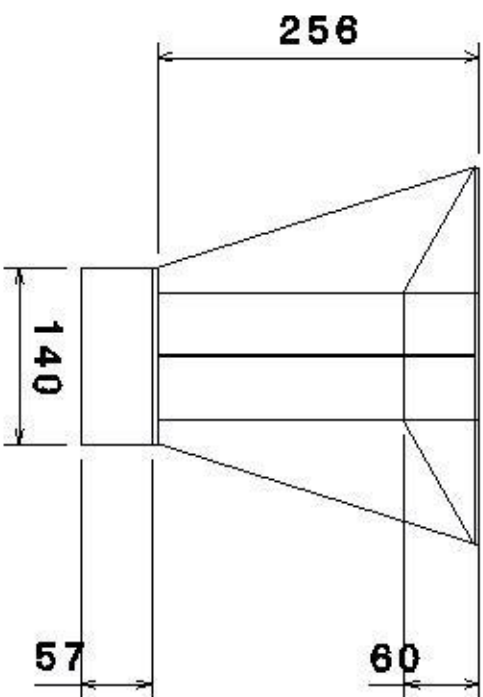
A

D

C

B

A



DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

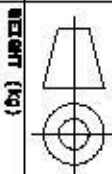
DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:6



WARRANT (kg)

DRAWING NUMBER

MatrizV3

SHEET

1/1

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

A

B

C

D

A

1

2

3

4

A

D

C

B

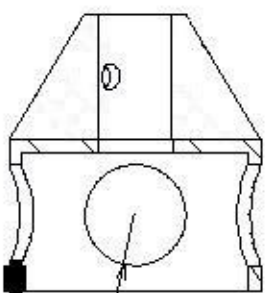
A

4

4

Section view A-A

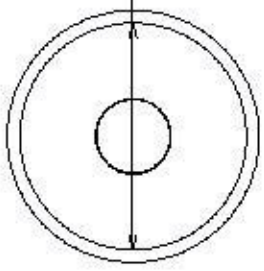
R20



3

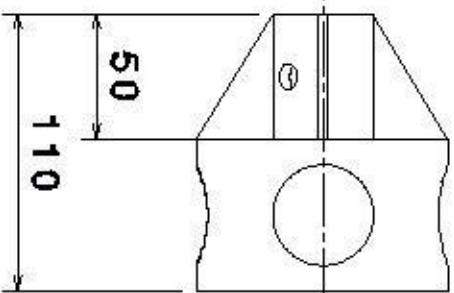
3

Ø 90

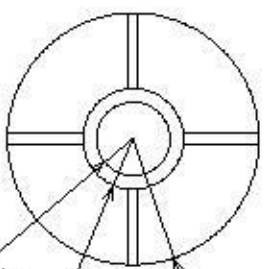


A

A



R50
R20
R14.61



2

2

DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

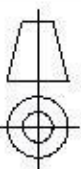
SIZE

A4

SCALE

1:3

REAGENT (kg)



DRAWING NUMBER

cabecote

SHEET

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

D

A

1

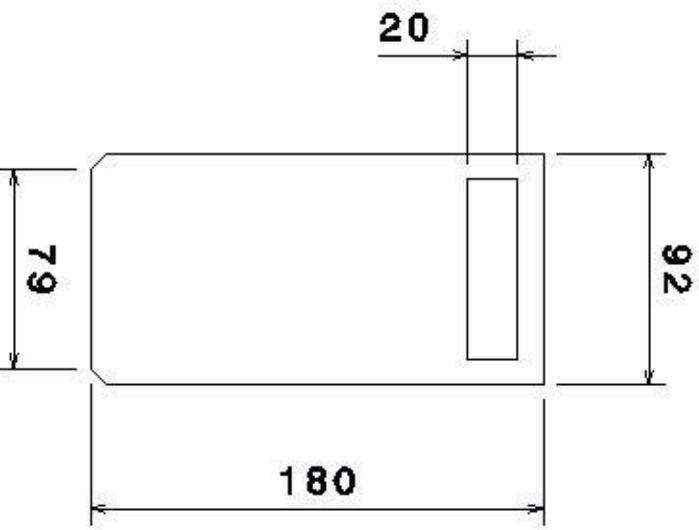
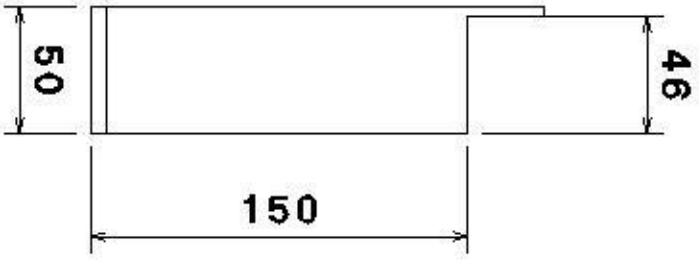
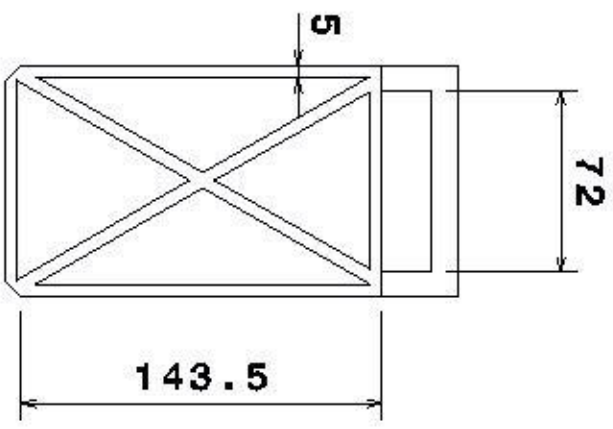
1

D

C

B

A



DESIGNED BY:			
DATE:			
CHECKED BY:		XXX	
DATE:		XXX	
SIZE			
A4			
SCALE		1:3	
VIEW		FRONT (KQ)	
DRAWING NUMBER		tampa	
SHEET		1/1	
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			

D

A

D

C

B

A

436

288

26

292

440

DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:4

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

SHEET

coletor de oleo

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

1

2

3

4

D

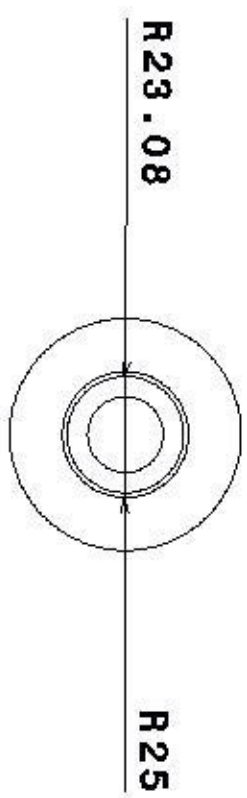
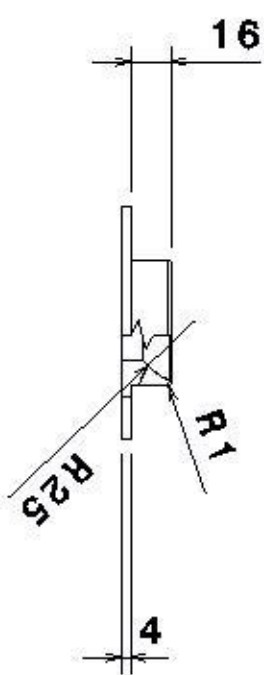
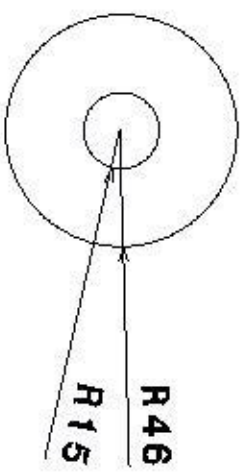
A

D

C

B

A



DESIGNED BY:

DATE:

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4

SCALE

1:3

WEIGHT (kg)

0.04

DRAWING NUMBER

tamparotula

SHEET

1/1

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

1

2

3

4

1

2

3

4

D

A